**УСТРОЙСТВА ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИКИ НА МИКРОСХЕМАХ СТРУКТУРЫ КМОП**

Современный уровень развития техники шагнул настолько вперёд, что, казалось бы, трудно чего-то ещё желать за те же деньги. А хотелось бы! В этой работе мы рассмотрим некоторые возможности реализации малой доли тех возможностей автоматизации бытовых ситуаций, которые могут быть решены практически бесплатно людьми, знакомыми с азам цифровой электроники.

**Сенсорное выключение паяльника при работе с кмоп-микросхемами**

Как известно, при работе с полевыми транзисторами и микросхемами структуры КМОП часто возникает проблема, связанная с высоким потенциалом жала паяльника, питаемого от промышленной сети напряжения. Связанно это с тем, что полевые транзисторы и микросхемы, построенные по технологии КМОП, очень чувствительны к электрическим полям. Наиболее опасными являются электрические поля, возникающие в результате сетевых наводок при питании паяльника переменным напряжением 220 В. Под действием таких полей деталь может выйти из строя даже при кратковременном касании её вывода жалом включённого паяльника.

Рис. 1.

В радиолюбительской литературе встречаются описания приёмов борьбы с этим негативным явлением, которые обычно сводятся к понижению напряжения питания паяльника до 12 – 40 вольт или переделке самого паяльника. Все эти операции относительно трудоёмки и всё равно не дают полной защиты от пробоя детали.

Однако проблема может быть решена иначе. Ведь для того, чтобы полностью устранить влияние высоковольтных наводок достаточно просто на время пайки вывода микросхемы отключать паяльник от сети. Время пайки каждого вывода любой микросхемы или транзистора должно быть как можно меньшим, поэтому за время пайки даже нескольких выводов жало отключённого от сети паяльника просто не успевает остывать настолько, чтобы нельзя было осуществить качественную пайку. Естественно, на время когда жало опускается в канифоль, на него берётся припой или просто паяльник кладётся на подставку нужно не забывать включать его в сеть.

На рисунке 1 показана принципиальная схема устройства, позволяющего автоматизировать процесс включения/отключения паяльника на время пайки. Коммутация цепи нагревательного элемента осуществляется при помощи нормально замкнутых контактов электромагнитного реле Р1. Управляется реле при помощи сенсорного датчика Д1Д2. В исходном состоянии на входах логического элемента DD1 присутствует потенциал высокого логического уровня, а на его выходе – потенциал низкого уровня. Транзистор при этом заперт, и обмотка реле обесточена, а паяльник включён в сеть. Если коснуться пальцем электродов Д1Д2, то сопротивление между ними уменьшится и на входе инвертора DD1 выделится потенциал низкого логического уровня, а на базе транзистора появится высокий потенциал. Транзистор откроется, реле включится, и его контакты разомкнут цепь нагревательного элемента паяльника. Конденсатор С1 и резистор R2 образуют фильтр, устраняющий влияние на схему сетевых наводок.

В качестве сенсора можно использовать два отрезка хорошо залуженной медной проволоки диаметром около 0,5 мм и длиной 5 – 7 мм, которые крепятся на рукоятке паяльника в удобном месте на расстоянии около 3 мм друг от друга. Способ крепления произволен и зависит от конструкции ручки паяльника. Плата устройства размещается отдельно в пластмассовом корпусе, сенсор соединяется с платой при помощи экранированного провода. При этом оплётку провода следует соединить с общим проводом схемы. Чтобы провод не мешал при пайке, его можно обмотать «змейкой» вокруг рукоятки паяльника, закрепив у её конца изолентой.

В качестве электромагнитного реле может быть использовано любое реле, надёжно срабатывающее при напряжении 9 В (например, РЭС-37). Вместо указанной на схеме микросхемы К176ЛА7 можно использовать любую другую микросхему структуры КМОП, на базе которой можно построить инвертор.

**Цифровой термостабилизатор воды в сосуде**

Описываемое устройство позволяет автоматически выключать нагревательный элемент электрочайника при закипании воды и автоматически отключать его, когда температура воды становится градусов на десять ниже температуры кипения. Это позволяет всё время иметь в чайнике воду, готовую к завариванию чая или кофе. Однако со временем вода может выкипеть, нагреватель оголиться и перегореть. Чтобы этого не происходило, в схеме предусмотрен датчик уровня жидкости, что позволяет устройству автоматически выключать нагревательный элемент в случае критически низкого уровня воды.

Из соображений удобства пользования устройством, предусмотрена система звукового оповещения состояния воды в чайнике. Когда вода закипает и нагреватель отключается, раздаётся прерывистый звуковой сигнал регулируемой тональности и громкости. Число звуковых посылок в каждой пачке сигнала и временные интервалы между ними также могут быть отрегулированы. Когда же уровень воды приближается к поверхности нагревателя, последний отключается и раздаётся монотонный звуковой сигнал, продолжающийся до тех пор, пока в чайник не будет добавлено ещё воды.

Принципиальная схема такого устройства показана на рисунке 2. Основой устройства являются датчики уровня жидкости Д1 и температуры Д2, логические элементы DD1. 1., DD1. 2., DD3. 2. и DD3. 4., транзистор VT1 и электромагнитное реле Р. Присутствие в схеме остальных элементов непринципиально. Они обеспечивают управление стилем звукового оповещения о закипании воды и недопустимо низком её уровне в чайнике.

Когда нагреватель полностью покрыт холодной водой, на входах элемента DD1. 1. действует напряжение низкого уровня, а на входах элемента DD1. 2. присутствует высокого уровня напряжения. При этом на обоих входах логического элемента DD3. 2. будут действовать логические нули, а на его выходе – логическая единица. После инверсии логическим элементом DD3. 4. на базе транзистора VT1 окажется логический ноль, транзистор откроется, реле включится и своими контактами замкнёт цепь нагревателя.

Когда же вода закипит, сопротивление резистора R7 уменьшится настолько, что на входе элемента DD1. 2. появится логический ноль, а на его выходе – единица. При этом на выходе элемента DD3. 2. окажется ноль, а на базе транзистора VT1 – логическая единица, в результате чего транзистор закроется, обмотка реле обесточится и нагреватель выключится. Когда вода остынет, сопротивление резистора R7 вновь возрастёт и устройство вернётся в состояние, описанное выше.

Ну а если вода выкипела или её вовсе забыли налить, то на выходе элемента DD1. 1. появится логический ноль, а на выходе элемента DD1. 3. логическая единица, которая поступит на верхний по схеме вход элемента DD3. 2. и на его выходе появится логический ноль вне зависимости от состояния нижнего входа этого элемента, что приведёт к запиранию транзистора VT1 и обесточиванию обмотки реле.

Теперь рассмотрим назначение и принцип действия остальных узлов устройства. На элементах DD2.1., DD2.2. и DD2.3, DD2.4. собраны генераторы прямоугольных импульсов частотой порядка 1000 Гц и 1 Гц соответственно. Высокочастотный генератор работает непрерывно, а низкочастотный – только в том случае, когда на нижнем по схеме входе элемента DD2. 3. действует напряжение высокого логического уровня. Микросхема DD5 представляет собой счётчик импульсов, снабжённый внутренним десятичным дешифратором, то есть имеет десять выходов (имеется ещё одиннадцатый – выход переноса, но здесь он не используется), только на одном из которых действует высокий уровень напряжения, а на остальных – низкий. Номер выхода, на котором действует логическая единица, соответствует порядковому номеру импульса, пришедшего на вход CP счётчика. Когда вода закипит, то при погруженном в воду датчике Д1 на обоих входах элемента DD1. 4. одновременно начнут действовать логические единицы, а на входе R счётчика DD5 выделится логический ноль, который разрешит работу микросхемы в счётном режиме. Кроме того логический ноль на входе R JK-триггера DD6 переведёт его в нулевое состояние и логическая единица с его инверсного выхода окажется на нижнем по схеме входе элемента DD4. 2.. При этом триггер будет находиться в переключающем режиме, то есть при каждом перепаде на его входе С напряжения с низкого уровня на высокий триггер будет переключаться в противоположное состояние. В этот же момент логическая единица на выходе элемента DD1. 2. разрешит работу низкочастотного генератора на элементах DD2.3 и DD2.4., и на входе СР счётчика начнут действовать импульсы напряжения частотой порядка 1 Гц. При этом на входах элемента DD3. 3. поочерёдно начнут выделяться импульсы напряжения, причём на нижнем по схеме входе элемента выделяется логическая единица всякий раз, когда счётчик, переполняясь, обнуляется, а на верхний вход DD3. 3. поступают импульсы в моменты времени, соответствующие положению ползунка переключателя SA. Появление каждого такого импульса на любом входе элемента DD3. 3. приводит к переключению в противоположное состояние триггера DD6. В результате на нижнем по схеме входе элемента DD4. 2. выделяются импульсы, длительность которых и продолжительность пауз между ними определяются частотой низкочастотного генератора и положением переключателя SA. Например, если его ползунок замкнут на четвёртый выход (десятый вывод микросхемы), то после обнуления счётчика триггер переключится в противоположное состояние с приходом на вход счётчика четвёртого импульса, а затем ещё раз переключится, когда счётчик обнулится, то есть по прошествии ещё шести импульсов. Далее – процесс повторится.

Импульсы с выхода низкочастотного генератора так же поступают и на нижний по схеме вход элемента DD3. 1.. Действующий на его другом входе логический ноль, разрешит прохождение импульса на входы инвертора DD4. 1., а, значит и на средний по схеме вход элемента DD4. 2.. Поскольку на верхнем входе этого элемента всегда действуют импульсы напряжения высокой частоты, то при логической единице на нижнем входе элемента на базе транзистора VT2 начнут выделяться пачки импульсов частотой порядка 1000 Гц. При этом продолжительность пауз между этими пачками будет равна длительности пауз между импульсами низкочастотного генератора, а сами пачки импульсов будут выделяться на базе транзистора только в те отрезки времени, когда на нижнем по схеме входе элемента DD4. 2. действует логическая единица. Таким образом, в динамике Гр будет слышаться прерывистый звуковой сигнал, который время от времени будет исчезать и спустя определённые промежутки времени вновь возобновляться. Частоту звука можно регулировать сопротивлением резистора R1 и ёмкостью конденсатора С1, длительность звучания - сопротивлением резистора R2 и ёмкостью конденсатора С2, а временные интервалы между пачками звуковых импульсов – положением переключателя SA.

Если воды в чайнике недостаточно (датчик Д1 оголён), то на верхнем по схеме входе элемента DD3. 1. действует логическая единица, а на его выходе – ноль вне зависимости от состояния нижнего входа этого элемента. После инверсии элементом DD4. 1. на среднем входе элемента DD4. 2. будет зафиксирована логическая единица. Логическая единица, действующая на верхнем входе элемента DD3. 1. так же появится и на R входе триггера DD6, что переведёт его в нулевое состояние и логическая единица с его инверсного выхода будет зафиксирована на нижнем по схеме входе элемента DD4. 2.. При этом на базе транзистора VT2 непрерывно будут действовать импульсы напряжения высокой частоты. Таким образом, пока датчик Д1 не погружен в воду, вне зависимости от температуры датчика Д2, нагреватель будет отключён, а в динамике будет слышаться непрерывный звук.

Неоновая лампа HL1 и резистор R16 обеспечивают индикацию включённого состояния нагревательного элемента, а светодиоды HL2 и HL3 предназначены для индикации состояния системы: когда воды в чайнике недостаточно – светится светодиод HL2, а когда вода закипит, начинает мигать светодиод HL3. Резистор R10 и конденсатор С3 обеспечивают гашение искры при коммутации контактов электромагнитного реле. Резистор R13 предназначен для регулировки громкости звука. Кнопка Кн позволяет настраивать стиль звукового оповещения даже при наличии в чайнике холодной воды. В нажатом состоянии её контакты шунтируют резистор R7, тем самым, имитируя закипание воды. При этом в динамике раздаётся прерывистый звук, параметры которого могут быть отрегулированы галетным переключателем SA и резисторами R1, R2 и R13.

Рис.

Рис. 2.

Налаживание устройства сводится к установке порога срабатывания датчика Д2. Для этого оба датчика размещают внутри чайника с холодной водой, контакты кнопки Кн размыкают, движок резистора R13 устанавливают в верхнее, а движок подстроечного резистора R6 – в крайнее нижнее по схеме положение. Если схема собрана из исправных деталей и в монтаже нет ошибок, то после включения напряжения питания должно сработать электромагнитное реле, включив цепь питания нагревательного элемента. Звука в динамике при этом быть не должно. После того как вода закипит, медленно перемещают движок резистора R6 вверх по схеме до тех пор, пока обмотка реле ни обесточится. При этом в динамике должен раздаться прерывистый звуковой сигнал.

Конструктивно устройство может быть выполнено в пластмассовом корпусе, на панель которого выведены ручки переменных резисторов R1, R2 и R13, галетного переключателя SA, кнопка Кн, неоновая лампа HL1 и светодиоды HL1 и HL2, а также гнёзда XS для включения нагревательного элемента чайника. Питание устройства осуществляется от любого малогабаритного блока питания со стабилизированным напряжением 9 ÷ 12 В, размещаемого внутри корпуса устройства. Датчики Д1 и Д2 целесообразно подключать к устройству при помощи разъёма, который крепится на корпусе чайника в специально подготовленном в его верхней части отверстии. Разместить датчики внутри чайника можно, например, на пластинке из термостойкой пластмассы, аккуратно укрепив её отрезками медной проволоки непосредственно на самом нагревателе. Только делать это следует очень осторожно, чтобы не повредить самого нагревательного элемента. Можно также пластинку с датчиками прикрепить к крышке чайника двумя стержнями соответствующей длины из нержавеющей стали. Тогда разъём для подключения датчиков следует также разместить на крышке чайника. Такая конструкция более надёжна, так как в этом случае нагревательный элемент не подвергается никаким механическим воздействиям.

Следует отдельно сказать о конструкции датчика Д2. Он должен быть изготовлен таким образом, чтобы вода не шунтировала его выводов. Для этого терморезистор можно разместить внутри небольшой стеклянной трубки такой длины, чтобы контакты его выводов с идущими к датчику проводами находились внутри трубки, после чего торцы трубки следует надёжно заделать влаго-термостойким герметиком. Автор использовал для этой цели чёрный водо-атмосферостойкий герметик «ARGO» (согласно информации на его этикетке рабочий диапазон температур этого клея от –15 до +125 ºС). Если трубка окажется слишком большого диаметра, и между ней и терморезистором будет оставаться слишком много воздуха, то, для понижения инерционности датчика, терморезистор следует обернуть некоторым количеством слоёв слюды. Для этого удобно использовать слюдяные трубки от перегоревшего паяльника.

Кроме указанных на схеме деталей могут быть применены микросхемы серии К561, диод VT3 может быть заменён диодом типа Д220, КД503, КД509, Д226 с любым буквенным индексом. В качестве датчика Д2 применён терморезистор типа ММТ-4, но он может быть заменён любым другим терморезистором с положительным ТКС. Если его сопротивление будет значительно отличаться от указанного на схеме, то, возможно, придётся подобрать номинальное сопротивление подстроечного резистора R6. В качестве громкоговорителя Гр подойдёт любой маломощный динамик с сопротивлением звуковой катушки не менее 8 Ом. Для коммутации цепи нагревательного элемента может быть применено электромагнитное реле типа РЭС-22 (паспорт РФ 4.500.125 или РФ 4.500.130). Искрогасящий конденсатор С3 может быть типа МБМ, БМТ, КБГ-М на рабочее напряжение не менее 400 В.

**Детектор скрытой проводки**

Многие, наверное, сталкивались с ситуацией, когда требуется забить гвоздь в стену или отремонтировать проводку, но при этом совсем не хочется попадать гвоздём или стамеской в сетевой провод, замурованный в стене, так как это, в лучшем случае, грозит аварией, а в худшем - электротравмой.

Существует множество различного рода конструкций устройств, позволяющих находить трассу залегания в стене провода, не разрушая самой стены. Принцип действия таких устройств состоит в следующем. Как известно, вокруг проводника с током существует электромагнитное поле. Вокруг проводника, находящегося под переменным напряжением существует переменное электромагнитное поле, причём даже в отсутствие в проводнике тока. Если к такому проводу поднести второй проводник (назовём его антенной), то под действием электромагнитного поля первого проводника в антенне возникнет, так называемая, электродвижущая сила (ЭДС) индукции, в результате чего электрический потенциал антенны начнёт изменяться с той же частотой, что и напряжённость электромагнитного поля (в данном случае - 50 Гц). Вот эта самая ЭДС и может служить признаком того, что неподалёку от антенны располагается сетевой провод. Поскольку величина электромагнитного поля проводника, находящегося под напряжением даже 220 вольт, довольно мала, то и наводимая в антенне ЭДС так же весьма мала. Поэтому для её обнаружения обычно применяются различного рода усилительные схемы. Однако, решение задачи может быть упрощено применением КМОП-микросхем.

Простейший вариант такого устройства показан на рисунке 3. Основными его элементами являются антенна А, изготовленная в виде отрезка медного провода длиной 5-10 см, логический элемент 2И-НЕ, включённый в цепь инвертором DD1, и светодиод HL1, выполняющий роль оптического индикатора. Принцип работы устройства состоит в следующем. Как известно, логические элементы микросхем обладают пороговым потенциалом переключения. Пока антенна находится вне электромагнитного поля, её потенциал, а, значит, и потенциал на входе инвертора, соответствует высокому логическому уровню напряжения. При этом на выходе инвертора действует, естественно, низкий потенциал и светодиод не светится. Когда же антенна располагается вблизи сетевого провода, под действием переменного электромагнитного поля потенциал её изменяется по тому же закону, по которому изменяется и величина поля. При этом под действием отрицательных "горбов" волны потенциал антенны принимает значения, соответствующие низкому логическому уровню инвертора. В результате на выходе последнего периодически, с частотой 50 Гц, выделяется высокий уровень напряжения, и светодиод начинает мигать с той же частотой, оповещая о близком расположении от антенны сетевого провода. При этом человеческий глаз не успевает следить за изменением яркости свечения диода и воспринимает эти вспышки как равномерное свечение.

Рис. 4.

Рис. 3.

Естественно, всегда возникает желание сделать работу того или иного устройства более удобным для практического использования. В данном случае светодиод должен всё время находиться в поле зрения человека. А если проводка тянется к потолку или уходит куда-то в труднодоступное место? В этом случае желательно иметь ещё возможность и звукового оповещения. Помочь в этом может совсем незначительная доработка рассмотренной выше схемы. Для этого достаточно, параллельно инвертору, включить пьезоэлектрический излучатель (рис. 4). Когда логический элемент переключается, потенциалы электродов излучателя начинают противофазно изменяться и пьезоэлектрик издаёт звук частотой 50 Гц.

Можно и дальше совершенствовать устройство. Дело в том, что звук частотой 50 Гц не слишком приятен на слух. Кроме того, громкость звучания пьезоэлектрика сильно зависит от частоты действующего на его электродах напряжения (громкость максимальна, когда частота напряжения близка или равна резонансной частоте пьезоэлектрика, что зависит от параметров излучателя).

Схема, показанная на рисунке 3, позволяет сделать звучание устройства более приятным на слух и даёт возможность выбора типа используемых в устройстве пьезоэлектрических излучателей. Рассмотрим назначение и принцип действия основных узлов схемы.

Как легко заметить, присутствие в этой схеме элемента DD1.2. непринципиально, он является лишь повторителем сигнала. Дело в том, что корпусе микросхемы К176ЛА7 содержится 4 логических элемента 2И-НЕ, а неиспользуемые элементы микросхем КМОП-структуры неподключёнными оставлять нельзя (может нарушиться работа микросхемы в целом, в некоторых случаях она может даже выйти из строя). Таким образом в рассматриваемой схеме участок цепи А, DD1.1., DD1.2., HL1 и R1 полностью аналогичен схеме, показанной на рисунке 5.

Вторым узлом устройства являются счётчики DD2 и DD3, включённые между собой последовательно и выполняющие роль делителя частоты с регулируемым коэффициентом деления от 1 до 10 (выходы микросхемы DD2) или от 10 до 100 (выходы микросхемы DD3). На приведённой схеме установлен коэффициент деления 50.

Цепочка C2R3 и JK-триггер DD4 представляют собой ждущий одновибратор. При каждом перепаде на входе С напряжения от низкого уровня к высокому на прямом выходе триггера формируется одиночный импульс положительной полярности. Так происходит потому, что при переключении триггера в единичное состояние, конденсатор С2 начинает постепенно заряжаться через резистор R3, и когда напряжение на обкладках конденсатора достигает порога переключения триггера по входу R, триггер возвращается в нулевое состояние. Длительность импульса на его выходе ориентировочно может быть определена выражением *τ* = 0,7 R1C1.

На элементах DD1.3. и DD1.4. собран генератор импульсов, частота которых определяется ёмкостью конденсатора C1 и сопротивлением резистора R2. Нагрузкой генератора служит пьезоэлектрический излучатель НА1. Верхний по схеме вход элемента DD1.3. является входом разрешения работы генератора.

Итак, при воздействии на антенну переменного электрического поля сетевого проводника, на выходе инвертора DD1.2. появляются импульсы напряжения частотой 50 Гц, которые поступают вход CN делителя частоты на микросхемах DD2 и DD3. При этом на входе С триггера DD4 действуют импульсы с частотой, 1 Гц. С каждым фронтом такого импульса триггер устанавливается в единичное состояние, в результате чего генератор на элементах DD1.3. и DD1.4. запускается и пьезоизлучатель НА1 издаёт звук частотой около 1 кГц (при указанных на схеме параметрах С1 и R2), а счётчики DD2 и DD3 обнуляются и счёт прекращается на время действия высокого логического уровня на выходе триггера, которое, в свою очередь, как отмечалось выше, задаётся параметрами C2 и R3. Тем же временным интервалом определяется и продолжительность звучания пьезоэлектрика НА1.

Рис. 5.

По окончании действия импульса на выходе триггера генератор блокируется, звук прекращается, а счётчики DD2 и DD3 возвращаются в режим счёта. Если антенна продолжает находиться в поле сетевого проводника, то дальше процесс повторится. В противном случае устройство остаётся в ждущем режиме.

Настройка детектора сводится к подбору сопротивления резистора R3 и ёмкости конденсатора С2, определяющих длительность звуковых импульсов пьезоизлучателя. Длительность пауз между этими импульсами задаётся коэффициентом деления счётчиков DD2 и DD3 и может быть изменена путём переключения входа С триггера на соответствующий выход этих микросхем. Частота звука может быть настроена подбором ёмкости конденсатора С1 и сопротивления резистора R2. Величина сопротивления R1 определяет яркость свечения светодиода HL1.

Кроме указанных на схеме деталей, могут быть использованы микросхемы серии К561.

**Генератор прямоугольных импульсов**

Принципиальная схема генератора показана на рисунке 6. Принцип его работы состоит в следующем. Логический элемент DD1, включённый по схеме триггера Шмидта, обеспечивает преобразование подаваемых на его вход импульсов синусоидальной формы в импульсы прямоугольной формы, что позволяет применять в работе обычный звуковой генератор. На элементах DD2.1, DD2. и DD2.3. собран мультивибратор, способный работать без участия внешнего звукового генератора. Его частота определяется ёмкостью конденсаторов С1-С4 и сопротивлением резистора R5, что позволяет осуществлять регулировку частоты следования импульсов как пошагово в указанном выше диапазоне, так и плавно в каждом из этих диапазонов. Сдвоенный резистор R4 обеспечивает плавную регулировку скважности меандра. Логические элементы DD3.1 и DD3.2. устраняют дребезг контактов кнопки Кн1, предназначенной для ручного управления работой мультивибратора и выше описанного генератора на триггере Шмидта. При отпущенной кнопке электронные ключи DD2.4. и DD3.3. заперты и на выходах устройства сигнал отсутствует. При нажатой и удерживаемой кнопке Кн1 на нижние по схеме входы логических элементов DD2.4. и DD3.3. подаётся сигнал высокого уровня, в результате чего ключи отпираются, и устройство начинает работать в режиме генерации. Тумблер Тб1, находясь в замкнутом состоянии, шунтирует контакты кнопки Кн1, обеспечивая, тем самым , режим автоматической генерации управляющих импульсов. Логический элемент DD3.4. применён с целью получения инверсных импульсов, что позволило отказаться от линии задержки, часто применяемой в ряде других экспериментальных работах.

На триггере DD5 собран одновибратор, управляемый кнопкой Кн2, дребезг контактов которой устраняется посредством логических элементов DD4.1. и DD4.2.. Длительность импульса на выходе триггера определяется ёмкостью магазина конденсаторов С7-С10 и сопротивлением резистора R10 и не зависит от времени удержания кнопки. Логические элементы DD4.3. и DD4.4. применены в целях улучшения качества формы выходных импульсов, что позволило достичь времени нарастания и спада управляющих импульсов порядка нескольких десятков наносекунд (определяется техническими характеристиками выходных микросхем генератора).

Рис. 6. Принципиальная схема генератора управляющих импульсов.

**Литература**:

1. С. А. Бирюков. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. "Радио и связь", 1996 г., 192 с.
2. Н. А. Елагин, А. В. Ростов. Конструкции и технологии в помощь любителям электроники. "СОЛОН-Р", М., 2001 г., 106 с.
3. В. Л. Шило. Популярные цифровые микросхемы. "Радио и связь", 1989 г., 352 с.
4. О. В. Борисенко. Цифровой термостабилизатор воды в сосуде. "Радиоконструктор". - 2004, №12, - С. 29-32.
5. О. В. Борисенко. Генератор прямоугольных импульсов. "Радиомир". - 2005, №7 С. 30
6. О. В. Борисенко. Детектор скрытой проводки. "Радиомир". - 2005, №8, - С. 20-21.